

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:  
(11) Publication number:  
(11) Numéro de publication:

0 817 935

Internationale Anmeldung veröffentlicht durch die  
Weltorganisation für geistiges Eigentum unter der Nummer:

**WO 96/30687** (art.158 des EPÜ).

International application published by the World  
Intellectual Property Organisation under number:

**WO 96/30687** (art.158 of the EPC).

Demande internationale publiée par l'Organisation  
Mondiale de la Propriété sous le numéro:

**WO 96/30687** (art.158 de la CBE).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>F16L 11/08, 11/12, 11/16</b>		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 96/30687</b>
			(43) Date de publication internationale: 3 octobre 1996 (03.10.96)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR96/00397 (22) Date de dépôt international: 15 mars 1996 (15.03.96) (30) Données relatives à la priorité: 95/03663                      29 mars 1995 (29.03.95)                      FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COFLEXIP [FR/FR]; 23, avenue de Neuilly, F-75116 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): HARDY, Jean [FR/FR]; Résidence Boieldieu, 22, rue Louis-Ganne, F-76360 Bar- entin (FR). (74) Mandataire: BERTRAND, Didier, S.A. Fedit-Loriot & Autres, Conseils en Propriété Industrielle, 38, avenue Hoche, F- 75008 Paris (FR).			(81) Etats désignés: AU, BR, CA, JP, NO, RU, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: FLEXIBLE TUBULAR PIPE WITH AN INTERNAL IMPERVIOUS POLYMERIC SHEATH

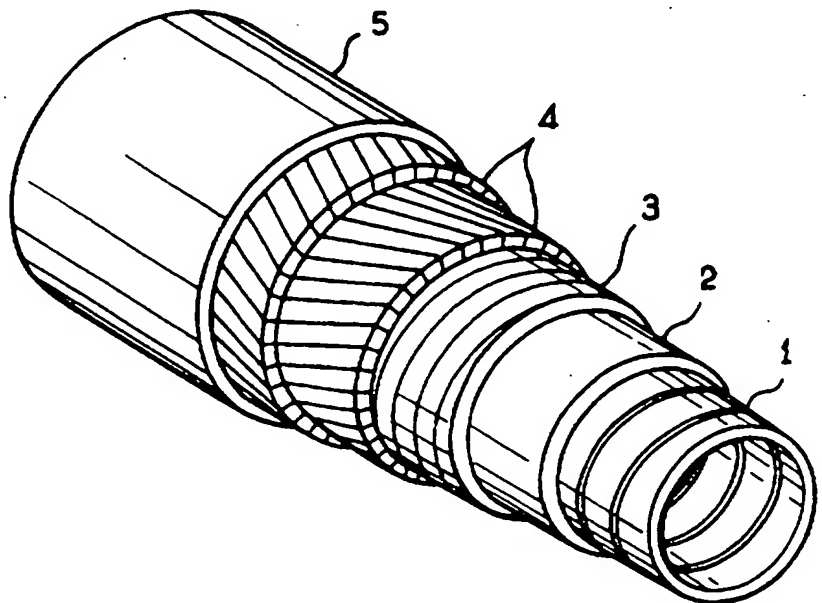
(54) Titre: CONDUITE TUBULAIRE FLEXIBLE A GAINÉ D'ÉTANCHEITÉ INTERNE POLYMERIQUE

## (57) Abstract

A flexible tubular pipe with an internal impervious polymeric sheath, including at least, from the inside outwards, an internal pervious metal shell (1) with an outer surface having interstices (9), an internal impervious polymeric sheath (2), a set of armouring wire webs (3, 4) and an outer protective sheath (5). Said internal impervious polymeric sheath (2) mainly includes a portion made of a thermoplastic polymer combining at least two fluoromonomers of which at least one has at least one alkoxy function, and said portion made of a thermoplastic polymer is in the form of a continuous tubular layer having no incipient tears in the region of said interstices (9).

## (57) Abrégé

La conduite est du type comprenant au moins, de l'intérieur vers l'extérieur, une carcasse métallique non étanche interne (1) dont la surface extérieure présente des interstices (9), une gaine polymérique d'étanchéité interne (2), un ensemble de nappes de fils d'armures (3, 4), et une gaine de protection externe (5), et elle est caractérisée en ce que ladite gaine polymérique d'étanchéité interne (2) comprend principalement une partie en un polymère thermoplastique associant au moins deux monomères fluorés, au moins un desdits monomères fluorés portant au moins une fonction alkoxy et en ce que la partie en polymère thermoplastique se présentant sous la forme d'une couche tubulaire continue et dépourvue d'amorces de rupture dans la zone desdits interstices (9).



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Autriche	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brésil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

## CONDUITE TUBULAIRE FLEXIBLE A GAINES D'ETANCHEITE INTERNE POLYMERIQUE

5

La présente invention concerne des conduites tubulaires flexibles qui comprennent généralement de l'intérieur vers l'extérieur :

- un tube métallique flexible interne non étanche, appelé carcasse interne, constitué par un profilé enroulé en spires agrafées les unes sur les autres, comme par exemple un feuillard agrafé ou un fil de forme agrafé tel qu'un fil en T ou en U ;
- une gaine d'étanchéité interne :
- un ensemble d'armures comprenant une couche d'armures constituant une voûte de pression réalisée au moyen d'un fil de forme agrafé spiralé à faible pas, en forme de T, Z ou U, et des nappes d'armures dites de traction, chacune de ces dernières nappes de traction étant réalisées par un enroulement de fils spiralés avec un angle d'armage inférieur à 55°. Dans une autre variante, l'ensemble d'armures est constitué par des nappes dont les angles d'armage sont à 55° ou dont les angles d'armage sont complémentaires d'une nappe à l'autre, par exemple une nappe à 50° associée à une nappe 60° ; l'ensemble d'armures résiste en particulier à l'effet circonférentiel ("hoop stress" en anglais) et à la composante axiale (effet de fond) de la pression interne, ainsi qu'à la charge axiale due au poids de la conduite suspendue et aux effets extérieurs ;
- une gaine polymérique de protection externe.

15

20

25

La conduite peut comprendre en outre une ou plusieurs gaines polymériques intermédiaires et/ou des nappes d'enroulement plastiques.

30

Une telle conduite tubulaire flexible est représentée sur la figure 1 et elle décrite notamment dans les brevets FR-A-2 619 193 "Flexible Stable 4 Nappes", FR-A-2 654 795 "Onde Interne", et dans "Recommended Practice for Flexible Pipe-API Recommended Practice 17B (RP17B) First Edition June 1, 1988".

35

Du fait de la structure du tube métallique flexible interne, des interstices sont présents entre les spires d'enroulement qui permettent la flexion dudit tube métallique interne.

De nombreuses solutions ont été proposées pour réaliser de façon industrielle la gaine d'étanchéité interne. De plus en plus, on s'est orienté vers l'utilisation d'un matériau polymérique qui soit faiblement perméable aux liquides et aux gaz, qui résiste aux températures élevées du fluide transporté et qui soit facilement mise en oeuvre industriellement, en particulier par extrusion.

Les matériaux polymériques qui présentent ces propriétés se sont avérés être certains polymères semi-cristallins. Parmi ces derniers, on a ensuite sélectionné ceux qui devaient résister au pétrole brut de gisement contenant du gaz ("live crude" en anglais) sans effet de cloquage ("Blistering") et gonflement.

On utilise ainsi couramment certains grades de Polyamide 11 (produits vendus par Elf Atochem sous la dénomination RILSAN) mais ce matériau, qui donne d'excellents résultats dans de très nombreux cas n'est pas utilisable dans les applications les plus sévères, en raison de sa résistance limitée aux températures élevées et de sa sensibilité à la présence d'eau. Pour les applications les plus exigeantes, on utilise certains grades Polyfluorure de vinylidène (PVDF). Toutefois, et contrairement à ce qu'on pensait, on a découvert que le PVDF ne résistait pas au cloquage au-delà d'une température de l'ordre de 130° à 150°. En outre, de la même façon que d'autres polymères semi-cristallins présentant une contraction volumique relativement importante lors du passage à l'état solide, le PVDF peut présenter des risques d'amorces de rupture dans la zone de l'interstice entre deux spires consécutives du tube métallique interne.

Il est maintenant envisagé, pour les installations de production pétrolière sous-marine d'utiliser les conduites tubulaires flexibles dans des conditions encore plus sévères, avec, en particulier, des températures supérieures à 130°C, pouvant dépasser 150°C et même atteindre au moins 180°C. Aucune solution n'est connue aujourd'hui comme satisfaisante dans de telles conditions.

Dans US-A-4 402 346, il est proposé de réaliser la gaine d'étanchéité interne avec les fluoroplastiques incluant le TEFZEL, le TEFLON FEP et le TEFLON PFA. Il a été trouvé que certains grades d'ETFE (TEFZEL de DUPONT) et de FEP(TEFLON FEP de DUPONT) sont utilisables pour les gaines d'étanchéité des conduites tubulaires

flexibles, du fait, en particulier, de leur bonne extrudabilité et de leur résistance à température élevée. Mais il est apparu que leur résistance au blistering devient insuffisante aux températures très élevées qui sont visées par l'invention. Par ailleurs, sur la base des propriétés du PFA telles qu'elles  
5 étaient alors connues, il était logique d'envisager son utilisation en présence de pétrole à température élevée. Toutefois, il n'est pas indiqué dans ce document quel est le comportement du PFA vis-à-vis du fluide de gisement ("live crude") à haute température, notamment à une température supérieure à 100°C et pouvant atteindre 150°C à 180°C, ni à l'égard du cloquage  
10 ("Blistering"). En particulier, les effets de cloquage qui affectent, à des degrés très variés, les divers polymères utilisables ont fait l'objet, postérieurement à la date de ce brevet, d'importants travaux du déposant, travaux qui ont montré que les phénomènes en cause sont très complexes, et que, pour un polymère donné, il est impossible dans de très larges  
15 proportions, de prévoir l'ordre de grandeur de la température à partir de laquelle il sera sujet aux effets de cloquage en présence de pétrole brut de gisement, le seul moyen possible pour une telle évaluation étant de réaliser des essais très poussés. Pour remédier à la pénétration par fluage dans les interstices de la carcasse interne et afin d'éviter que la flexibilité de la  
20 conduite ne soit diminuée, il est préconisé d'intercaler un bandage réalisé par enroulement d'un ruban tissé en fibres de verre entre la carcasse interne et la gaine en PFA afin de constituer un appui pour ledit PFA. Néanmoins, il s'est avéré que ces solutions n'étaient pas satisfaisantes, en particulier, qu'il est impossible dans la pratique de fabrication industrielle, de réaliser  
25 l'enroulement d'un ruban sans risquer l'apparition ou bien d'un recouvrement partiel ou bien d'un jeu entre spires consécutives, ce qui conduit à un marquage du PFA et à une amorce de rupture lors d'une flexion, et ceci qu'il s'agisse d'un ruban tissé en fibres de verre tel que décrit dans US-A-4.402.346 ou d'un ruban tissé en toutes autres fibres, ou encore,  
30 comme proposé EP-0-166.385 pour le cas d'une gaine en PVDF, d'un ruban en polyester ou autre matière plastique.

En outre, il a été trouvé que, si on ne dispose pas un tel bandage autour de la carcasse interne une gaine d'étanchéité externe qui s'appuie ainsi directement sur la carcasse interne présente des risques de fissuration  
35 inacceptables dans la zone au voisinage des interstices de la carcasse interne.

si elle est simplement réalisée par extrusion d'une couche de PFA telle que décrite dans US-A-4 402 346.

On connaît également des thermoplastiques tels que le PEI qui conservent leurs propriétés à haute température et dont il semble par conséquent intéressant d'étudier l'application aux gaines d'étanchéité des conduites tubulaires flexibles et en particulier, la résistance au cloquage. Mais leur rigidité est tellement élevée qu'on ne voit aucune solution possible pour réaliser la gaine d'étanchéité à partir d'un tel matériau tout en conservant les autres qualités requises, que ce soit par modification du matériau, adjonction d'agents d'assouplissement ou tout autre moyen.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités et de proposer pour une conduite tubulaire flexible une gaine d'étanchéité interne résistante à une haute température et à l'effet de cloquage.

La présente invention a pour objet une conduite tubulaire flexible du type comprenant au moins, de l'intérieur vers l'extérieur, une carcasse métallique non étanche interne, une gaine polymérique d'étanchéité interne, un ensemble de nappes de fils d'armure, et une gaine de protection externe, la carcasse interne étant constituée par au moins un profilé enroulé hélicoïdalement en spires agrafées de sorte qu'au moins la surface extérieure de ladite carcasse interne présente des interstices entre des spires consécutives caractérisée en ce que ladite gaine polymérique d'étanchéité interne comprend principalement une partie en un polymère thermoplastique associant au moins deux monomères fluorés, l'un au moins desdits monomères fluorés portant au moins une fonction alkoxy et ladite partie en polymère thermoplastique se présentant sous la forme d'une couche tubulaire continue et dépourvue d'amorces de rupture dans la zone desdits interstices.

Le fait d'utiliser un copolymère ou terpolymère thermoplastique fluoré conforme à l'invention pour réaliser une structure tubulaire continue constituant la gaine d'étanchéité interne ou une partie principale de cette gaine permet une meilleure aptitude à résister aux hautes températures des fluides de gisement circulant dans la conduite tubulaire flexible et sans risque de formation d'amorces de rupture dans les interstices des spires. Il a été trouvé, en particulier, qu'un tel polymère fluoré présente une aptitude exceptionnelle à rester exempt d'effets de cloquage sous l'action des fluides



de gisement à très haute température, la température pouvant dépasser 130°C et atteindre 150°C à 180°C et même plus de 180°C éventuellement.

Dans un premier mode de réalisation, la structure tubulaire continue réalisée par extrusion d'un copolymère ou d'un terpolymère fluoré  
5 conforme à l'invention, repose directement sur la carcasse interne.

Dans un deuxième mode de réalisation, en plus d'une partie principale constituée par une couche tubulaire continue réalisée en un copolymère ou terpolymère thermoplastique fluoré conforme à l'invention, la gaine d'étanchéité interne comprend une partie interne, reposant sur la  
10 carcasse interne à l'intérieur de ladite couche tubulaire continue, réalisée en un polymère de préférence amorphe et apte à résister à des températures élevées.

Dans une première variante, la partie interne constitue une couche tubulaire, de préférence continue et mise en place par extrusion et  
15 d'épaisseur de préférence faible, de l'ordre de 0,5 mm à 3 mm. Le polymère utilisé est un polymère thermoplastique fluoré amorphe présentant une résistance au fluage pour des températures élevées supérieures à celles du polymère conforme à l'invention utilisée pour réaliser la couche tubulaire constituant la partie principale de la gaine d'étanchéité interne. On peut, en  
20 particulier, utiliser un copolymère ou un terpolymère associant le TFE et un autre monomère fluoré, en particulier un éther cyclique fluoré ou un aldéhyde fluoré, tel que le TEFLON AF de DUPONT de Nemours.

Dans une deuxième variante, la partie interne est réalisée en un élastomère, thermoplastique ou non, présentant un module de préférence  
25 sensiblement inférieur à celui du polymère thermoplastique constituant la partie principale de la gaine polymérique d'étanchéité interne. Cette partie interne élastomérique peut constituer une enveloppe continue autour de la carcasse interne, sa surface interne pouvant présenter une partie en relief pénétrant partiellement dans l'interstice séparant deux spires consécutives de  
30 la carcasse interne. De préférence, la partie interne élastomérique présente la forme, non pas d'une couche tubulaire continue, mais d'une bande dont la section occupe approximativement la partie extérieure de l'interstice entre les spires consécutives de la carcasse interne, cette bande étant enroulée hélicoïdalement en suivant les interstices. La bande peut ainsi pénétrer plus

ou moins profondément dans l'interstice ou encore éventuellement occuper tout le volume libre de l'interstice.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront mieux à la lecture de la description de plusieurs modes de réalisation de l'invention ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue partielle en perspective d'une conduite tubulaire flexible,

- la figure 2 est une vue partielle en perspective d'une conduite selon un autre mode de réalisation selon l'invention,

- les figures 3, 4 et 5 sont des vues en coupe partielles transversales d'autres modes de réalisation selon l'invention.

La figure 1 représente une conduite tubulaire flexible comprenant de l'intérieur vers l'extérieur :

- un tube métallique flexible 1, non étanche, appelé carcasse interne, constitué par un profilé enroulé de façon à former des spires agrafées les unes sur les autres, comme par exemple un feuillard agrafé ou un fil de forme agrafé tel qu'un fil en T ou en U ;

- une gaine d'étanchéité interne 2 dont les composants et la structure seront donnés ultérieurement et qui fait l'objet de la présente invention ;

- un ensemble d'armures 3, 4 comprenant une voûte de pression 3 et une couche d'armures 4.

La voûte de pression 3 est réalisée par exemple au moyen d'un fil de forme agrafé spiralé à faible pas, en forme de T, Z ou U. La couche d'armures 4, dite de traction, comporte deux nappes superposées réalisées chacune par enroulement en sens opposés de fils spiralés avec un angle d'armage inférieur à 55°. Dans une autre variante, l'ensemble d'armures est constitué par deux nappes dont les angles d'armage sont à 55° ou dont les angles d'armage sont complémentaires d'une nappe à l'autre, par exemple une nappe à 55° associée à une nappe à 60°. Dans tous les cas, l'ensemble d'armures résiste en particulier à l'effet circonférentiel ("hoop stress") et à la composante axiale (effet de fond) des efforts créés par la pression interne, à la charge axiale due au poids de la conduite et aux efforts de torsion :

- une gaine polymérique de protection extérieure 5.

En variante (non illustrée) la conduite tubulaire flexible peut comprendre une ou plusieurs gaines polymériques intermédiaires et/ou des nappes d'enroulement plastiques.

Selon un premier mode de réalisation de la présente invention, la  
5 gaine polymérique interne 2 est constituée par une couche tubulaire continue, réalisée par extrusion d'un copolymère ou d'un terpolymère thermoplastique associant au moins un monomère fluoré comportant au moins une fonction alkoxy avec au moins un autre monomère fluoré.

Dans un premier exemple, la gaine 2 est réalisée en un  
10 copolymère obtenu par polymérisation d'au moins 50 % et avantageusement au moins 70 % de tétrafluoroéthylène (TFE) et d'un perfluoroalkylvinyléther qui est de préférence du perfluoropropylvinyléther ou encore du perfluoroéthylvinyléther. Alternativement, on peut utiliser un copolymère dans lequel l'autre monomère associé au perfluoroalkylvinyléther est, dans  
15 un autre exemple, un monomère cyclique fluoré, ou dans un autre exemple encore, un monomère du type anhydride fluoré.

La gaine polymérique d'étanchéité interne 2 peut, en particulier, être réalisée par extrusion d'un matériau du type des produits disponibles dans le commerce sous le nom PFA, tels que le TEFLON TFA de DUPONT  
20 de Nemours, ou le HOSTAFLON PFA de HOECHST, ou le HYFLON PFA d'AUSIMONT.

Le choix de la proportion entre le monomère fluoré portant au moins une fonction alkoxy et l'autre monomère fluoré, en particulier, le TFE, est optimisé en fonction des propriétés mécaniques recherchées. En  
25 particulier, il est ainsi possible d'obtenir un module de flexion supérieur ou égal à 50 MPa, et de préférence supérieur ou égal à 100 MPa pour la température maximale d'utilisation prévue, cette température pouvant atteindre au moins 130°C et de préférence au moins 150°C, le module de flexion étant inférieur ou égal à 2500 MPa pour la température  
30 d'environnement la plus basse envisagée, cette température pouvant être égale ou inférieure à -20°C et de préférence à -40°C. On peut de même obtenir une résistance au fluage suffisante lorsque le matériau est soumis aux températures et aux pressions imposées par le fluide transporté.

Dans un autre exemple, le polymère fluoré constituant la gaine est  
35 un terpolymère associant, outre un monomère fluoré portant au moins une

fonction alkoxy et au moins 50 % d'un autre monomère fluoré, un troisième monomère, de préférence fluoré, et de préférence en faible partie, avantageusement inférieur à 10 %. De préférence, le troisième monomère est du fluorure de vinylidène (VF2) ou dans un autre exemple le  
5 chlorotrifluoroéthylène (CTFE).

Dans une autre variante, le polymère constituant la gaine 2 est un terpolymère associant le TFE et deux monomères fluorés portant chacun au moins une fonction alkoxy.

Dans les cas décrits ci-dessus d'utilisation d'un terpolymère, la  
10 présence d'un troisième monomère, bien que mineure, peut donner plus de facilité pour optimiser les propriétés du matériau dans les conditions d'utilisation, en particulier ses propriétés mécaniques.

Dans une autre variante, le polymère constituant la gaine d'étanchéité 2 est un copolymère ou un terpolymère comportant au moins un  
15 éther cyclique.

Le copolymère ou terpolymère constituant la gaine 2 est du type semi-cristallin, la phase amorphe pouvant être relativement faible ou relativement importante. Alternativement, le polymère peut être pratiquement amorphe.

20 Dans une forme de réalisation de l'invention, le copolymère ou le terpolymère fluoré est réticulé et présente un taux de cristallinité voisin du taux de cristallinité de l'état non réticulé, la réticulation s'opérant dans la phase amorphe. Alternativement, le polymère étant réticulé, il présente un taux de cristallinité réduit par rapport au taux de l'état non réticulé.

25 Dans un autre mode de réalisation illustré sur la figure 2, la gaine polymérique d'étanchéité interne 2 comprend deux parties, une partie principale 6 à l'extérieur, réalisée en un copolymère ou terpolymère conforme à l'invention et formant une couche tubulaire continue d'épaisseur sensiblement constante et une partie interne 7 constituant également une  
30 couche tubulaire de préférence continue enveloppant la carcasse interne sur laquelle elle est en appui. De préférence, l'épaisseur de cette couche tubulaire interne 7 est relativement faible, inférieure à l'épaisseur de la couche extérieure 6 constituant la partie principale de la gaine 2, et elle est comprise entre 0,5 et 3 mm. Avantageusement, le matériau constituant la  
35 couche tubulaire interne 7 est un polymère thermoplastique amorphe, de

préférence, un polymère amorphe fluoré présentant une résistance élevée au fluage, en particulier un copolymère ou un terpolymère thermoplastique associant au moins le TFE à au moins un autre monomère fluoré, en particulier un éther cyclique fluoré ou un aldéhyde fluoré. Un exemple  
5 connu d'un tel matériau est le TEFLON AF de DUPONT de Nemours. La surface interne de la couche interne 7 peut éventuellement présenter un renflement pénétrant de préférence faiblement dans les interstices de la carcasse interne.

Alternativement, le matériau constituant la couche tubulaire  
10 interne 7 est un élastomère thermoplastique ou non, présentant un module relativement faible, inférieur au module du polymère constituant la couche tubulaire 6. Dans ce cas, la surface interne de la couche 7 présente des parties en relief vers l'intérieur de la conduite, ces parties en relief suivant la configuration hélicoïdale des interstices que présente la carcasse interne et  
15 pénétrant plus ou moins profondément dans ces interstices.

La conduite tubulaire flexible de la figure 2 ne possède pas de nappe d'armures du type voûte de pression telle que la nappe 3 de la figure 1. L'ensemble d'armures est constitué par deux nappes d'armures 4a, les fils des deux nappes étant enroulés en sens opposés avec des angles tels que la  
20 structure soit équilibrée, par exemple, posés à 55°.

Dans un autre mode de réalisation correspondant aux exemples illustrés sur les figures 3, 4 et 5, la gaine polymérique d'étanchéité interne 2 comprend également deux parties :

- 25 - une partie principale constituant une couche tubulaire continue 6 comme sur la figure 2, réalisée également en un polymère suivant l'invention ; et
- une partie interne constituée par une bande 8 enroulée hélicoïdalement le long des interstices 9 de la carcasse interne 1 et pénétrant plus ou moins profondément dans les interstices.  
30 éventuellement totalement.

En effet, la carcasse interne 1 comprend des spires qui délimitent des espaces interstitiels 9 ouverts vers l'extérieur, de configuration générale hélicoïdale, ainsi que des interstices internes ouverts vers l'intérieur 10. Dans ces conditions et comme cela est représenté sur les figures 3 à 5 qui  
35 illustrent en coupe longitudinale partielle et agrandie une conduite flexible

selon cet autre mode de réalisation de l'invention, on dispose autour de la carcasse interne 1 une couche intermédiaire élastomère constituée par une bande d'élastomère 8 disposée en partie dans l'espace interstitiel 9 entre les spires 11 de la carcasse interne 1. La succession alternée des parties cylindriques extérieures 12a, 12b de la carcasse interne et des surfaces extérieures 13 de la bande élastomère 8 constituent une surface de forme approximativement cylindrique sur laquelle la gaine d'étanchéité polymérique 2 prend appui de façon continue. De cette manière, on évite d'avantage de possibles amorces de rupture de la gaine polymérique 2 dans la zone et/ou autour des interstices 9 entre les spires 11 de la carcasse interne.

Dans la variante illustrée sur la figure 3, la bande d'élastomère pénètre partiellement dans l'interstice 9 entre deux spires contiguës telles que 11a et 11b ou 11b et 11c, et, par rapport à la configuration idéale qui serait une surface parfaitement géométrique dans le prolongement des parties cylindriques extérieures 12a, 12b de la carcasse interne 1, la surface extérieure 13 de la bande élastomère 8 présente une légère irrégularité qui, dans le cas de la figure 3 est en forme de cuvette de convexité tournée vers l'intérieure de la conduite. Dans ce cas, vu de l'intérieur, la couche tubulaire thermoplastique 6 présente un léger renflement 14 dont l'épaisseur  $b$  est de préférence inférieure ou égale à  $0,3 a$ ,  $a$  étant l'épaisseur de la couche tubulaire 6 dans sa partie cylindrique autour des surfaces 12a, 12b.

Dans la variante de la figure 4, la bande d'élastomère 8 pénètre également de façon partielle dans les interstices 9 mais sa surface extérieure 13 est de forme légèrement bombée et se raccordant progressivement avec les surfaces cylindriques 12a, 12b en présentant une faible courbure.

Dans la variante de la figure 5, la bande d'élastomère 8 pénètre totalement dans les interstices 9, sa surface extérieure 13 étant en forme de cuvette présentant une faible courbure de la même façon que la variante de la figure 3.

D'une façon générale, dans le cas des diverses variantes illustrées par les figures 2, 3, 4 et 5 la surface intérieure de la couche tubulaire 6 peut présenter une légère ondulation à l'endroit des interstices 9, mais sa courbure doit varier très progressivement dans la longueur de la conduite tubulaire et rester à des valeurs relativement faibles.

Une description détaillée des caractéristiques géométriques possibles des variantes illustrées sur les figures 2 à 5 est donnée dans la demande FR-A-94 02 765 dont la description relative à la configuration de la couche tubulaire 6, de la couche interne 7 et de la bande en élastomère 8 et à la mise en place de la couche interne 8 est incluse dans la présente demande.

Pour réaliser la couche interne 7 illustrée sur la figure 2 où la bande 8 des figures 3 à 5, on peut utiliser un élastomère proprement dit, (normalement dans l'état vulcanisé ou réticulé) ou un thermoplastique élastomère (TFE). On choisit un élastomère telles que ses propriétés ne soient pas dégradées par la combinaison de l'action des divers composants présents dans le fluide transporté (hydrocarbures divers, eau, etc.) et de la température de ce fluide, au cours du vieillissement du matériau soumis à de telles conditions. Des résultats intéressants sont obtenus avec des élastomères appartenant au groupe des silicones.

Dans le cas où la conduite tubulaire flexible comporte une gaine d'étanchéité interne polymérique réalisée sous la forme d'une couche tubulaire continue 2 en appui direct sur la carcasse 1 (figure 1), la fabrication en grande longueur continue est réalisée de façon classique par extrusion du type extrusion-tubage.

Lorsque la gaine d'étanchéité interne 2 comporte une couche tubulaire 6 en un copolymère ou terpolymère selon l'invention autour d'une couche interne 7 en polymère thermoplastique ou élastomérique ainsi qu'illustré sur la figure 2, il est possible de réaliser la couche interne 7 par extrusion autour de la carcasse 1, en particulier par extrusion-tubage. Dans le cas où le polymère ainsi utilisé pour réaliser la couche 7 est un thermoplastique amorphe, on peut ainsi avantageusement réaliser une couche d'épaisseur à peu près régulière. L'extrusion de la couche tubulaire 6 peut se faire soit par coextrusion des deux couches 6 et 7, soit par extrusion tandem, la couche 6 étant extrudée en ligne à une certaine distance en aval de l'extrudeuse utilisée pour la couche interne 7, soit en une opération distincte et séparée ultérieure.

Dans le cas où la gaine d'étanchéité interne 2 comporte une partie interne constituée par une bande 8 en élastomère disposée dans la partie extérieure des interstices 9, ou éventuellement dans la totalité du volume des interstices, selon l'une ou l'autre des variantes représentées sur les figures 3

à 5, on peut mettre en place la bande 8 soit par extrusion-bourrage, soit en faisant passer la carcasse interne à travers une enceinte remplie d'élastomère à l'état cru, la carcasse ainsi enduite sortant de l'enceinte par un orifice circulaire calibré et obturé par un joint, soit par enduction, ou pulvérisation, ou projection, ou passage dans un bain liquide, ou dans un bain fluidisé, ces divers procédés de revêtements étant bien connus des spécialistes et ne seront donc pas décrits dans le détail.

Lorsque l'élastomère mis en place selon un des procédés décrits ci-dessus est vulcanisable, il peut être déposé à l'état cru, puis vulcanisé, de préférence avant extrusion de la couche tubulaire 6.

Alternativement, la bande 8 peut être mise en place par enroulement en hélice d'un jonc ou d'une bande de grande longueur, cet enroulement étant effectué de manière à suivre la ligne hélicoïdale de l'interstice 9 et à faire pénétrer la bande 8 dans l'interstice à la profondeur voulue. On peut ainsi, en fonction notamment des propriétés mécaniques de l'élastomère, soit utiliser un jonc de forme dont la section correspond à la configuration de l'interstice, soit utiliser un jonc de section simple, par exemple circulaire, en élastomère suffisamment mou pour se déformer en épousant la forme de l'interstice 9.

L'enroulement d'un ruban en élastomère peut également être utilisé pour réaliser une couche interne 7 (figure 2) en enroulant à bords à peu près jointifs un ruban en élastomère suffisamment mou pour qu'il remplisse partiellement les interstices et pour que sa surface externe présente, sous l'effet de l'extrusion de la couche 6, un aspect à peu près continu et lisse.

Dans tous les cas, l'épaisseur de la couche interne 7 est comprise entre 0,5 mm et 5 mm et de préférence 3 mm, alors que la gaine polymérique 2 présente une épaisseur qui est comprise entre 1 et 30 mm et, de préférence 3 et 15 mm, pour un diamètre interne de la carcasse métallique flexible compris entre 20 et 600 mm (de préférence entre 50 et 400 mm) de manière à supporter, d'une part, une pression interne supérieure à 100 bar, normalement de l'ordre de plusieurs centaines de bar et pouvant atteindre 700 à 1000 bar, et d'autre part, résister à des températures élevées dépassant 130°C et atteignant jusqu'à 150°C et davantage.



## REVENDICATIONS

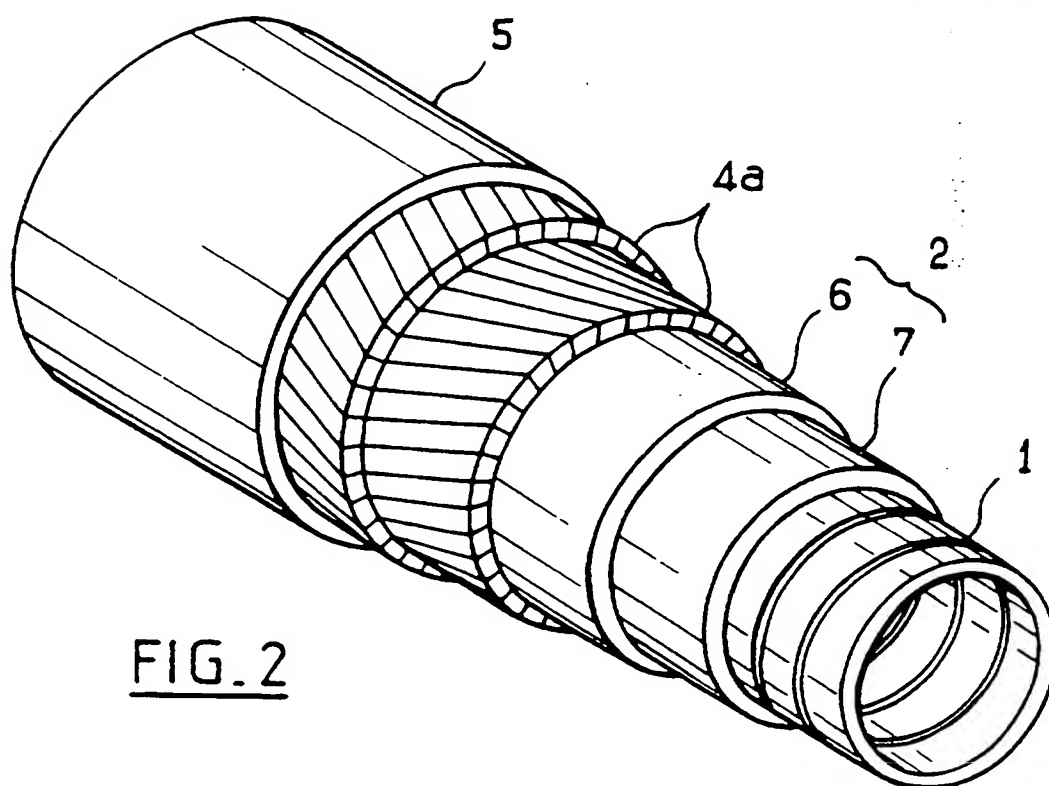
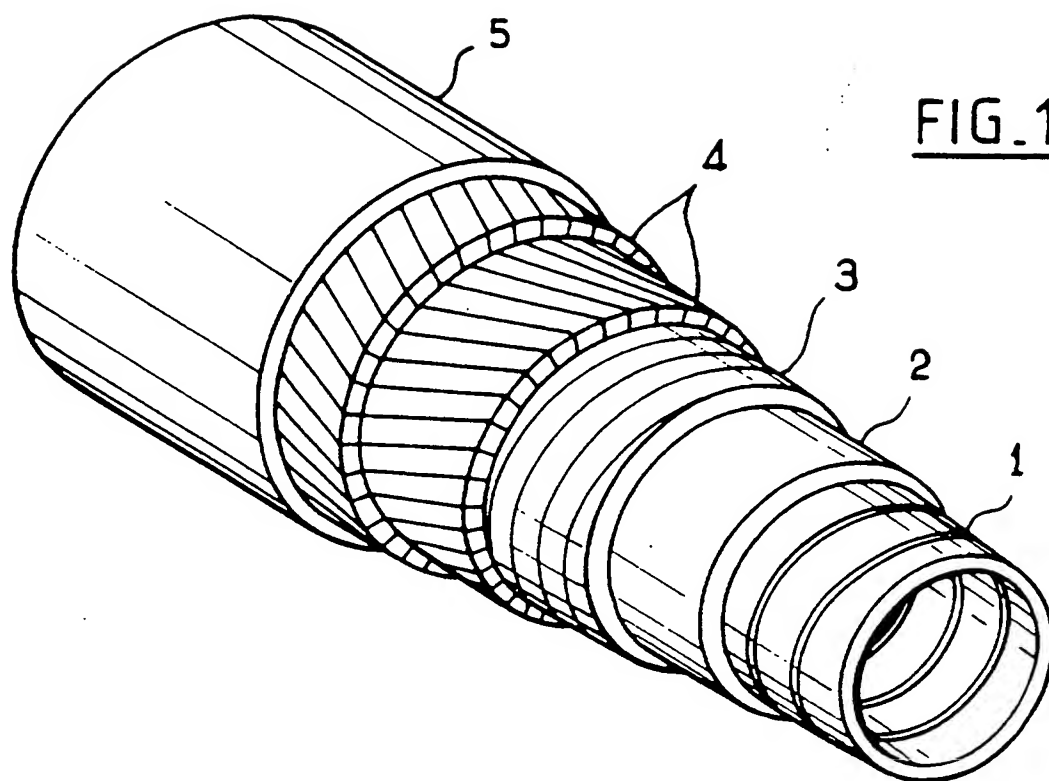
1. Conduite tubulaire flexible du type comprenant au moins, de  
5 l'intérieur vers l'extérieur, une carcasse métallique non étanche interne (1),  
une gaine polymérique d'étanchéité interne (2), un ensemble de nappes de  
fils d'armures (3) (4), et une gaine de protection externe (5), la carcasse  
interne (1) étant constituée par au moins un profilé enroulé hélicoïdalement  
10 en spires agrafées de sorte qu'au moins la surface extérieure de ladite  
carcasse interne présente des interstices (9) entre des spires consécutives,  
ladite gaine polymérique d'étanchéité interne (2) se présentant sous la forme  
d'une couche tubulaire continue et comprenant une partie en un polymère  
thermoplastique associant au moins deux monomères fluorés, caractérisée en  
15 ce qu'au moins un desdits monomères fluorés porte au moins une fonction  
alkoxy, ladite partie en polymère thermoplastique étant résistante à l'effet de  
cloquage à une température d'au moins 130°C.
2. Conduite selon la revendication 1, caractérisée en ce que le  
polymère thermoplastique constitue la partie principale de la gaine  
d'étanchéité interne (1) et comprend au moins un monomère fluoré et moins  
20 de 50 % d'un monomère perfluoré portant au moins une fonction alkoxy.
3. Conduite selon les revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le  
polymère thermoplastique associe un perfluoroalkylvinyléther avec au moins  
un monomère fluoré.
4. Conduite selon la revendication 3, caractérisée en ce que le  
25 perfluoroalkylvinyléther est le perfluoropropylvinyléther.
5. Conduite selon la revendication 3, caractérisée en ce que le  
perfluoroalkylvinyléther est le perfluoroéthylvinyléther.
6. Conduite selon une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce  
que le polymère thermoplastique associe au moins 50 % de  
30 tétrafluoroéthylène (TFE) avec au moins un autre monomère fluoré, au  
moins l'un desdits autres monomères fluorés portant au moins une fonction  
alkoxy.
7. Conduite selon une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce  
que le polymère thermoplastique associe un monomère cyclique fluoré avec

au moins un autre monomère fluoré, l'un au moins desdits autres monomères fluorés portant au moins une fonction alkoxy.

8. Conduite selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que ledit polymère thermoplastique associe un monomère du type anhydride fluoré avec au moins un autre monomère fluoré l'un au moins desdits autres monomères fluorés portant au moins une fonction alkoxy.
9. Conduite selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'un au moins des monomères fluorés associés pour constituer ledit polymère thermoplastique est un éther cyclique.
10. Conduite selon la revendication 6, caractérisée en ce que ledit polymère thermoplastique associe au moins 70 % de TFE avec au moins un autre monomère fluoré, au moins l'un desdits autres monomères fluorés portant au moins une fonction alkoxy.
11. Conduite selon la revendication 10, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique est du type du matériau disponible dans le commerce et connu sous le nom de PFA.
12. Conduite selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique est un terpolymère associant deux monomères fluorés dont l'un porte au moins une fonction alkoxy avec une part relativement faible d'un troisième monomère fluoré.
13. Conduite selon la revendication 12, caractérisée en ce que le troisième monomère fluoré est le fluorure vinylidène (VF<sub>2</sub>).
14. Conduite selon la revendication 12, caractérisée en ce que le troisième monomère fluoré est le chlorotrifluoroéthylène (CTFE).
15. Conduite selon la revendication 12, caractérisée en ce que le terpolymère associe deux monomères fluorés portant chacun au moins une fonction alkoxy avec un autre monomère fluoré.
16. Conduite selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique est semi-cristallin.
17. Conduite selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique est réticulé et présente un taux de cristallinité voisin du taux correspondant à l'état non réticulé, la réticulation s'opérant dans la phase amorphe.

18. Conduite selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique est réticulé et présente un taux de cristallinité réduit par rapport à celui de l'état non réticulé.
19. Conduite selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisée en ce  
5 que le polymère thermoplastique présente un module de flexion supérieur ou égal à 50 MPa, et de préférence supérieur ou égal à 100 MPa pour la température maximale d'utilisation prévue, cette température pouvant atteindre au moins 130°C et de préférence au moins 150°C, le module de flexion étant par ailleurs inférieur ou égal à 2500 MPa pour la température  
10 d'environnement la plus basse envisagée, cette température pouvant être égale ou inférieure à -20°C et de préférence à -40°C.
20. Conduite selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisée en ce que la gaine polymérique d'étanchéité interne (1) comprend une partie interne (7) en un polymère de préférence amorphe et reposant sur la carcasse  
15 interne (1), à l'intérieur de ladite partie principale en polymère thermoplastique.
21. Conduite selon la revendication 20, caractérisée en ce que la partie interne constitue une couche tubulaire, de préférence continue, réalisée en un polymère thermoplastique fluoré amorphe présentant une résistance  
20 élevée au fluage, l'épaisseur de ladite couche interne étant de préférence faible, de l'ordre de 0,5 mm à 3 mm.
22. Conduite selon la revendication 21, caractérisée en ce que le polymère thermoplastique fluoré amorphe est un copolymère ou un terpolymère associant au moins le TFE et un autre monomère fluoré, de  
25 préférence un éther cyclique fluoré ou un aldéhyde fluoré.
23. Conduite selon la revendication 20, caractérisée en ce que la partie interne est réalisée en un élastomère thermoplastique ou non, présentant un module relativement faible par rapport au polymère thermoplastique constituant la partie principale de la gaine polymérique,  
30 ladite partie interne présentant de préférence la forme d'une bande enroulée hélicoïdalement le long des interstices (9) de la carcasse interne (1) et pénétrant au moins partiellement dans lesdits interstices (9).

1 / 2



2 / 2

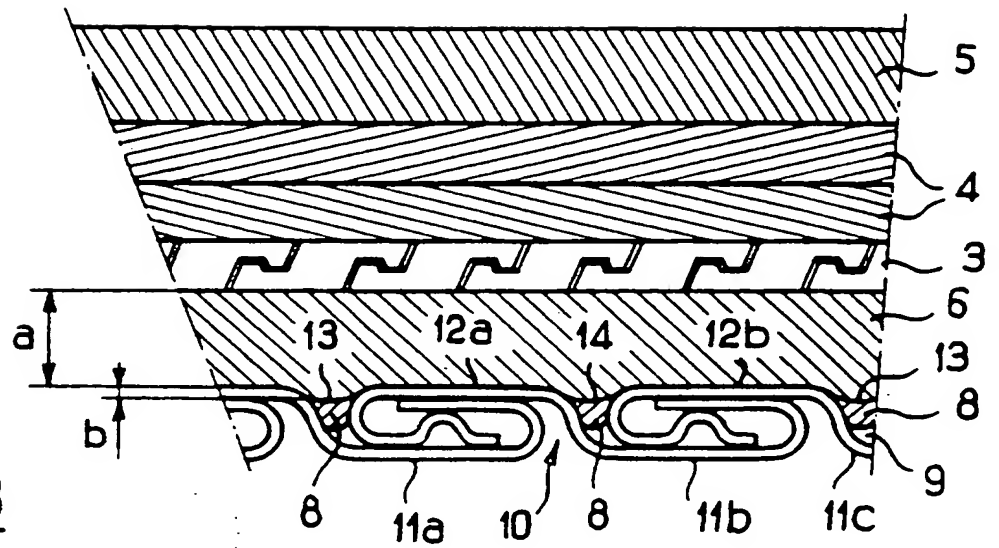


FIG. 3

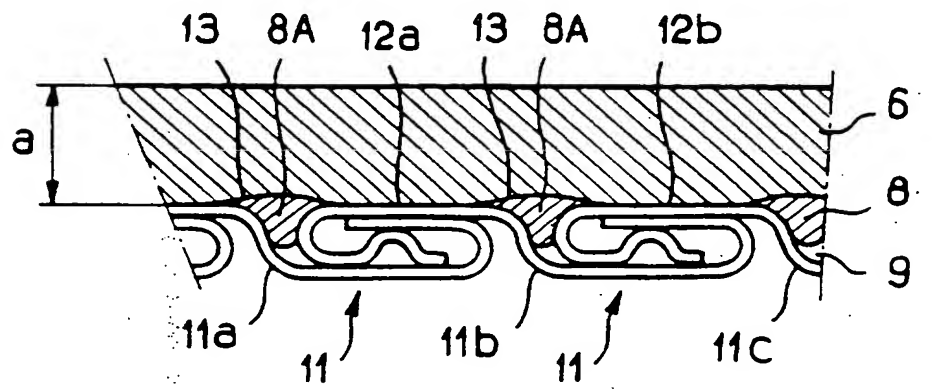


FIG. 4

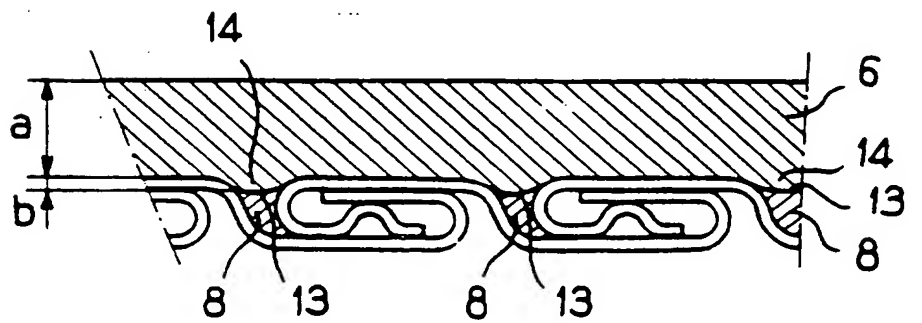


FIG. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/FR 96/00397

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F16L11/08 F16L11/12 F16L11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F16L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO,A,95 24579 (ELF ATOCHEM S.A.) 14 September 1995 cited in the application see the whole document ---	1
A	US,A,3 687 169 (REYNARD) 29 August 1972 see the whole document ---	1
A	EP,A,0 446 725 (E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) 18 September 1991 see the whole document ---	1
A	WO,A,92 00481 (COFLEXIP) 9 January 1992 see abstract; figures 1-7 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 1996

Date of mailing of the international search report

21.06.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Angius, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Application No

PCT/FR 96/00397

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9524579	14-09-95	NONE	
US-A-3687169	29-08-72	NONE	
EP-A-0446725	18-09-91	US-A- 5037921	06-08-91
		CA-A- 2037235	02-09-91
		DE-D- 69116398	29-02-96
		JP-A- 5222130	31-08-93
		US-A- 5102965	07-04-92
WO-A-9200481	09-01-92	FR-A- 2664019	03-01-92
		AU-B- 646477	24-02-94
		AU-B- 8105591	23-01-92
		CA-A- 2064837	30-12-91
		DE-D- 69104331	03-11-94
		DE-T- 69104331	16-03-95
		EP-A- 0489896	17-06-92
		ES-T- 2062803	16-12-94
		JP-T- 5504818	22-07-93

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De e Internationale No  
PCT/FR 96/00397A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 F16L11/08 F16L11/12 F16L11/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 F16L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO,A,95 24579 (ELF ATOCHEM S.A.) 14 Septembre 1995 cité dans la demande voir le document en entier ---	1
A	US,A,3 687 169 (REYNARD) 29 Août 1972 voir le document en entier ---	1
A	EP,A,0 446 725 (E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) 18 Septembre 1991 voir le document en entier ---	1
A	WO,A,92 00481 (COFLEXIP) 9 Janvier 1992 voir abrégé; figures 1-7 -----	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

- \* "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \* "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \* "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \* "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \* "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \* "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \* "X" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \* "Y" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \* "A" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 Juin 1996

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21.06.96

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tél. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angius, P



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs au nombre de familles de brevets

De l'Organisation Internationale No

PCT/FR 96/00397

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO-A-9524579	14-09-95	AUCUN	
US-A-3687169	29-08-72	AUCUN	
EP-A-0446725	18-09-91	US-A- 5037921	06-08-91
		CA-A- 2037235	02-09-91
		DE-D- 69116398	29-02-96
		JP-A- 5222130	31-08-93
		US-A- 5102965	07-04-92
WO-A-9200481	09-01-92	FR-A- 2664019	03-01-92
		AU-B- 646477	24-02-94
		AU-B- 8105591	23-01-92
		CA-A- 2064837	30-12-91
		DE-D- 69104331	03-11-94
		DE-T- 69104331	16-03-95
		EP-A- 0489896	17-06-92
		ES-T- 2062803	16-12-94
		JP-T- 5504818	22-07-93

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (juillet 1992)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1 / 2

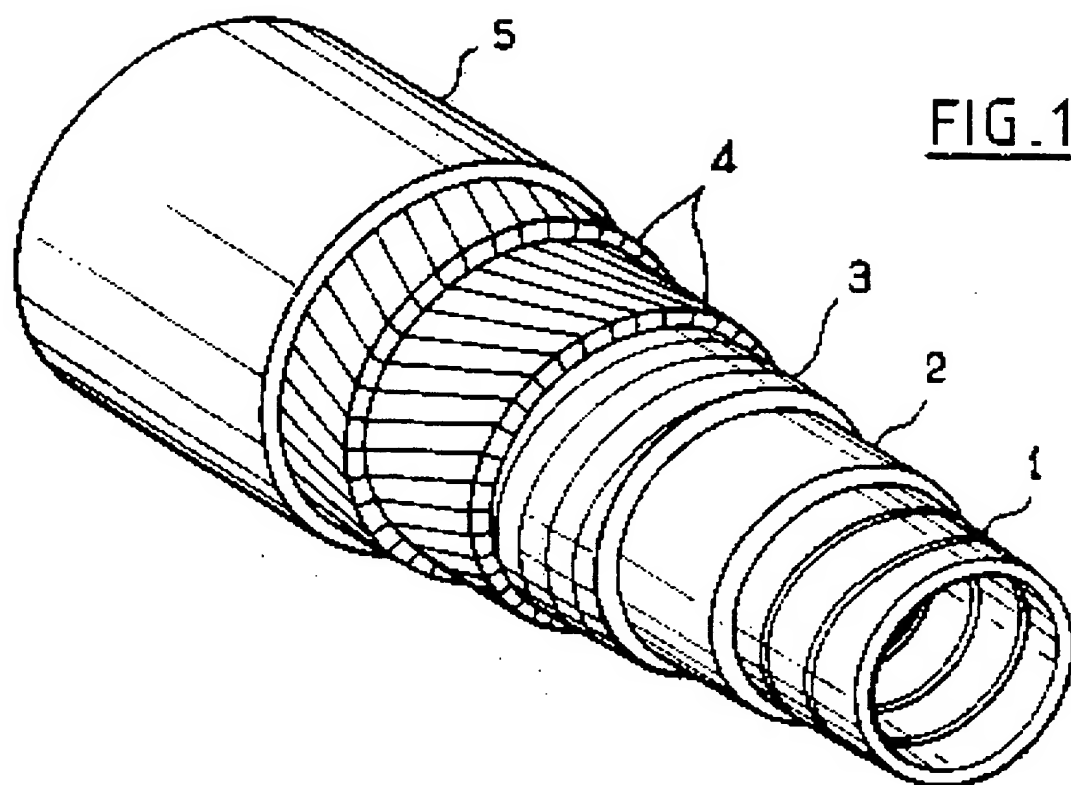


FIG. 1

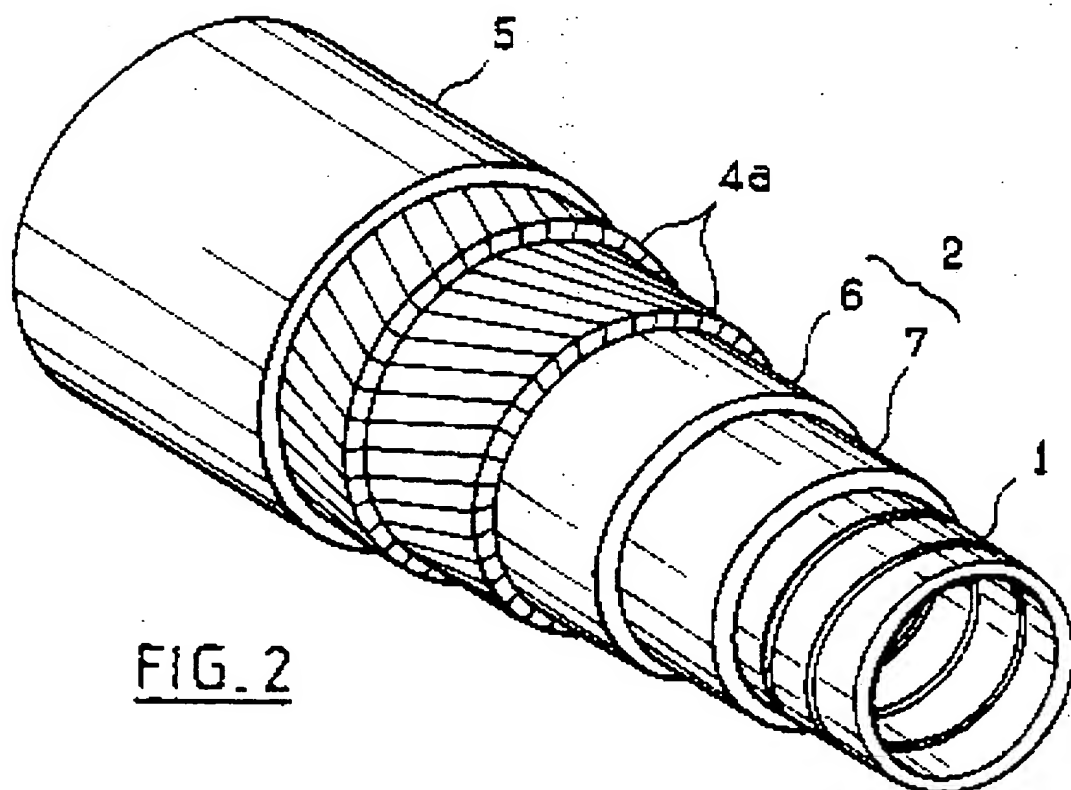


FIG. 2

2 / 2

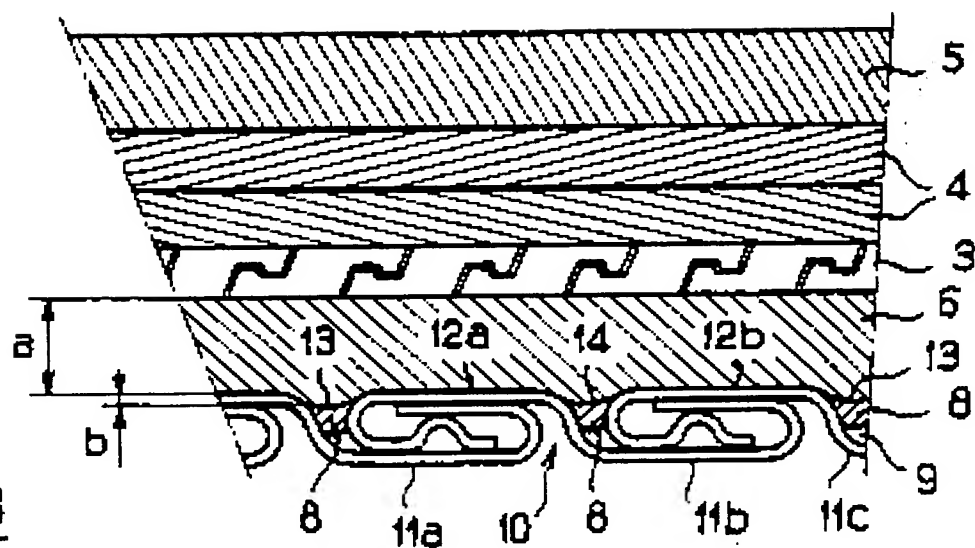


FIG. 3

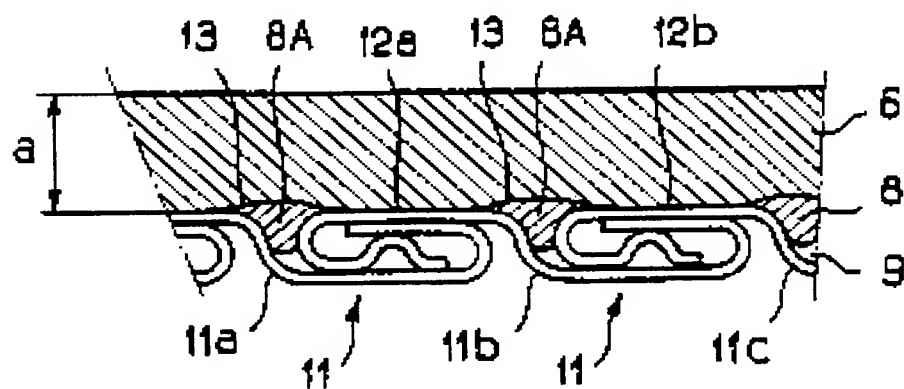


FIG. 4

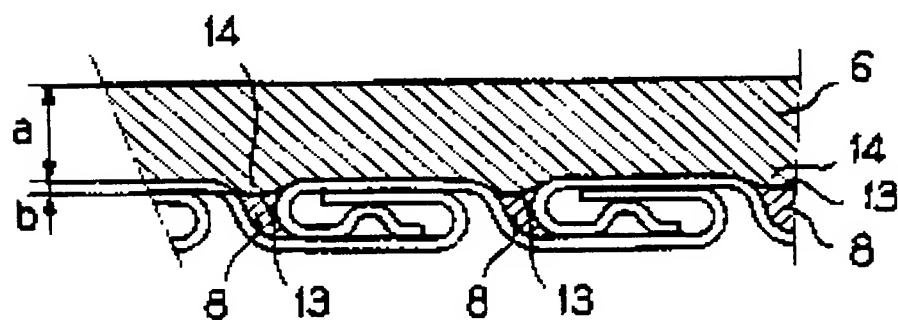


FIG. 5